

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-324675

(43)Date of publication of application : 22.11.2001

(51)Int.Cl. G02B 13/04
G02B 13/18
G03B 21/00

(21)Application number : 2000-144317

(71)Applicant : MITSUBISHI ELECTRIC CORP

(22)Date of filing : 17.05.2000

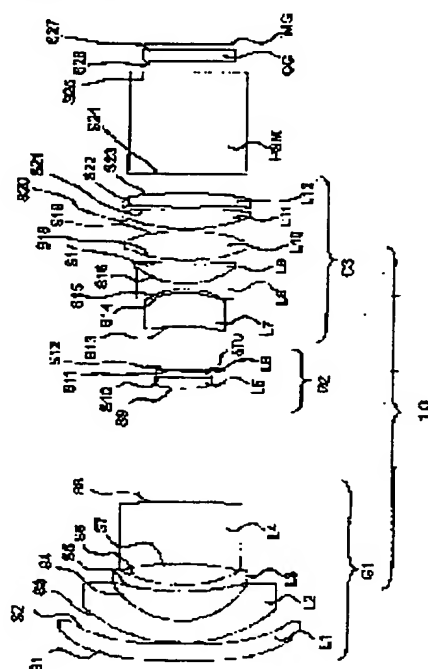
(72)Inventor : SHIKAMA SHINSUKE

(54) RETROFOCUS TYPE LENS AND PROJECTION TYPE DISPLAY DEVICE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a retrofocus type lens having long back focal length with reference to a focal distance, having telecentricity on a video source side and realizing wide viewing angle projection.

SOLUTION: A 1st negative group lens G1 has an aspherical lens L, negative lenses L2 and L3 being a meniscus convex to a large conjugate side and a negative lens L4 being a meniscus convex to a small conjugate side. A 2nd positive group lens G2 has a positive lens L5 and a lens L6 bonded with the lens L5. A 3rd positive group lens G3 has a positive lens L7 being a meniscus convex to the small conjugate side, a biconcave lens L8, a positive lens L9 bonded with the lens L8, a biconvex lens L10, a biconvex lens L11 and an aspherical lens L12. When it is assumed that f , f_1 , f_2 , and f_3 are the focal distances of the entire system and the respective groups, and f_4 and f_5 are the axial focal distances of the lenses L1 and L12, this lens satisfies $0.8 < f_2/f_3 < 1.5$, $1.6 < |f_1| < 2.4$, $|f_4| > 30$ and $f_5/f > 6$.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 19.03.2001

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3402464

[Date of registration] 28.02.2003

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's

decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-324675

(P2001-324675A)

(43) 公開日 平成13年11月22日 (2001. 11. 22)

| (51) Int.Cl. ⁷ | 識別記号 | F I | テームト* (参考) |
|---------------------------|------|---------------|-------------|
| G 0 2 B 13/04 | | G 0 2 B 13/04 | D 2 H 0 8 7 |
| 13/18 | | 13/18 | |
| G 0 3 B 21/00 | | G 0 3 B 21/00 | D |

審査請求 有 請求項の数10 O L (全 24 頁)

(21) 出願番号 特願2000-144317(P2000-144317)

(22) 出願日 平成12年5月17日 (2000. 5. 17)

(71) 出願人 000006013

三菱電機株式会社

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号

(72) 発明者 鹿間 信介

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三

菱電機株式会社内

(74) 代理人 100083840

弁理士 前田 実

Fターム(参考) 2H087 KA06 LA03 NA02 NA14 PA10

PA19 PB12 QA03 QA07 QA19

QA22 QA26 QA34 QA41 QA45

RA05 RA12 RA13 RA32 RA41

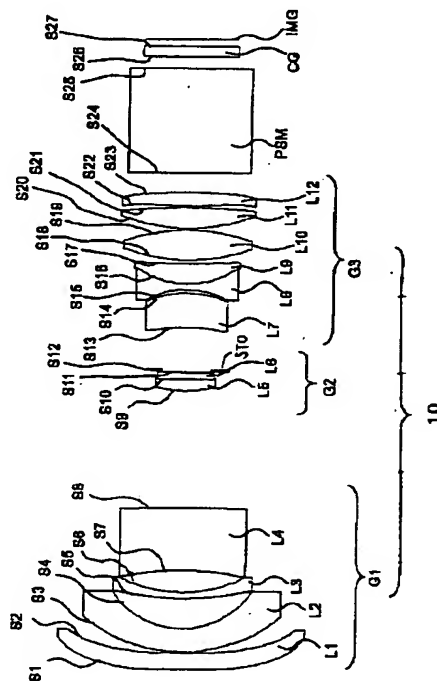
RA42

(54) 【発明の名称】 レトロフォーカス型レンズ及び投写型表示装置

(57) 【要約】

【課題】 焦点距離に対してバックフォーカル長が長く、映像源側でテレセントリック性を有し、広画角投写が可能なレトロフォーカス型レンズを提供する。

【解決手段】 負の第1群レンズG₁は、非球面レンズL₁と、大きな共役側に凸のメニスカス状で負のレンズL₂、L₃と、小さな共役側に凸のメニスカス状で負のレンズL₄を有する。正の第2群レンズG₂は、正のレンズL₅と、これに接合されたレンズL₆を有する。正の第3群レンズG₃は、小さな共役側に凸のメニスカス状で正のレンズL₇と、両凹のレンズL₈と、これに接合された正のレンズL₉と、両凸のレンズL₁₀と、両凸のレンズL₁₁と、非球面レンズL₁₂を有する。 f 、 f_1 、 f_2 、 f_3 を全系及び各群の焦点距離、 f_4 、 f_5 をレンズL₁、L₁₂の軸上焦点距離としたときに、 $0.8 < f_2/f_3 < 1$ 、 $5.1.6 < |f_1|/f < 2.4$ 、 $|f_4|/f > 3$ 、 $0. f_5/f > 6$ を満たす。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 負の屈折力を有する第1群レンズと、正の屈折力を有する第2群レンズと、正の屈折力を有する第3群レンズとを大きな共役側から小さな共役側に向かって順に配置したレトロフォーカス型レンズにおいて、前記第1群レンズが、大きな共役側から小さな共役側に向かって順に、非球面を含む第1レンズと、負の屈折力を有し大きな共役側に凸のメニスカス状の第2レンズと、負の屈折力を有し大きな共役側に凸のメニスカス状の第3レンズと、負の屈折力を有し小さな共役側に凸のメニスカス状の第4レンズとを有し、

前記第2群レンズが、大きな共役側から小さな共役側に向かって順に、正の屈折力を有する第5レンズと、該第5レンズに接合された第6レンズとを有し、

前記第3群レンズが、大きな共役側から小さな共役側に向かって順に、正の屈折力を有し小さな共役側に凸のメニスカス状の第7レンズと、両凹の第8レンズと、該第8レンズと接合され正の屈折力を有する第9レンズと、両凸の第10レンズと、両凸の第11レンズと、非球面を含む第12レンズとを有し、

f をレンズ全系の焦点距離、 f_2 を前記第2群レンズの焦点距離、 f_3 を前記第3群レンズの焦点距離、 $|f_1|$ を前記第1群レンズの焦点距離の絶対値、 $|f_4|$ を前記第1レンズの軸上焦点距離の絶対値、 f_5 を前記第12レンズの軸上焦点距離としたときに、下記の条件式(1)、(2)、(3)及び(4)

$$0.8 < f_2 / f_3 < 1.5 \quad \dots (1)$$

$$15 < \nu_4 < 30$$

$$15 < \nu_5 < 30$$

$$40 < \nu_7 < 100$$

$$15 < \nu_8 < 32$$

$$20 < \nu_9 < 50$$

$$70 < \nu_{10} < 100$$

を満足することを特徴とする請求項1から3までのいずれかに記載のレトロフォーカス型レンズ。

【請求項5】 $dPgFm$ を、第 m レンズ ($m=4, 5, 8, 10$) を構成する硝材の異常分散性を表すパラメータとし、

d 線におけるアッベ数 ν_d を横軸にとり、 F 線から g 線までの部分分散比 PgF を縦軸にとった座標系において、正常部分分散比を表わす直線を $PgFn(\nu_d)$ で

$$0.008 < dPgF_4 < 0.03$$

$$0.01 < dPgF_5 < 0.025$$

$$0.01 < dPgF_8 < 0.02$$

$$0.03 < dPgF_{10} < 0.055$$

を満足することを特徴とする請求項4に記載のレトロフォーカス型レンズ。

【請求項6】 $dPgFm$ を、第 m レンズ ($m=7, 9$) を構成する硝材の異常分散性を表すパラメータとし、

$$1.6 < |f_1| / f < 2.4 \quad \dots (2)$$

$$|f_4| / f > 30 \quad \dots (3)$$

$$f_5 / f > 6 \quad \dots (4)$$

を満足することを特徴とするレトロフォーカス型レンズ。

【請求項2】 前記第2群レンズと前記第3群レンズとの間に絞り手段が配置され、 $|EXP|$ をレンズ全系における小さな共役側の像面から、該小さな共役側の瞳面までの距離の絶対値としたときに、下記の条件式(5)

$$|EXP| / f > 50 \quad \dots (5)$$

を満足することを特徴とする請求項1に記載のレトロフォーカス型レンズ。

【請求項3】 BFL をレンズ全系のバックフォーカル長としたときに、下記の条件式(6)

$$BFL / f > 2 \quad \dots (6)$$

を満足することを特徴とする請求項1又は2のいずれかに記載のレトロフォーカス型レンズ。

【請求項4】 ν_4 を前記第4レンズを構成する硝材の d 線におけるアッベ数、 ν_5 を前記第5レンズを構成する硝材の d 線におけるアッベ数、 ν_7 を前記第7レンズを構成する硝材の d 線におけるアッベ数、 ν_8 を前記第8レンズを構成する硝材の d 線におけるアッベ数、 ν_9 を前記第9レンズを構成する硝材の d 線におけるアッベ数、 ν_{10} を前記第10レンズを構成する硝材の d 線におけるアッベ数としたときに、下記の条件式(7)、(8)、(9)、(10)、(11)及び(12)

$$\dots (7)$$

$$\dots (8)$$

$$\dots (9)$$

$$\dots (10)$$

$$\dots (11)$$

$$\dots (12)$$

示し、

d 線におけるアッベ数 ν_d における第 m レンズを構成する異常分散性を示す硝材の異常部分分散比を $PgFma(\nu_d)$ で示したときに、

$$dPgFm = PgFma(\nu_d) - PgFn(\nu_d)$$

であり、

下記の条件式(13)、(14)、(15)及び(16)

$$\dots (13)$$

$$\dots (14)$$

$$\dots (15)$$

$$\dots (16)$$

d 線におけるアッベ数 ν_d を横軸にとり、 F 線から g 線までの部分分散比 PgF を縦軸にとった座標系において、正常部分分散比を表わす直線を $PgFn(\nu_d)$ で示し、

d 線におけるアッベ数 ν_d における第 m レンズを構成す

る異常分散性を示す硝材の異常部分分散比を $P_{gFma}(\nu_d)$ で示したときに、

$$dP_{gFm} = P_{gFma}(\nu_d) - P_{gFn}(\nu_d) \\ - 0.01 < dP_{gF7} < 0.045 \\ - 0.015 < dP_{gF9} < 0.02$$

を満足することを特徴とする請求項 4 又は 5 のいずれかに記載のレトロフォーカス型レンズ。

【請求項 7】 光源と、

該光源の出射光束により照明されるライトバルブと、
該ライトバルブにより透過若しくは反射されて 2 次元的に変調された変調光束を拡大投写する請求項 1 から 6 までのいずれかに記載のレトロフォーカス型レンズとを備えたことを特徴とする投写型表示装置。

【請求項 8】 前記ライトバルブは、液晶ライトバルブであることを特徴とする請求項 7 に記載の投写型表示装置。

【請求項 9】 前記ライトバルブは、複数の、傾斜可能な単位ミラーを含むミラーアレイを有することを特徴とする請求項 7 に記載の投写型表示装置。

【請求項 10】 前記ライトバルブは、複数の、変調位相量が可変である単位グレーティングを含むグレーティングアレイを有することを特徴とする請求項 7 に記載の投写型表示装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、焦点距離に比べて長いバックフォーカル長を必要とする投写光学系に適したレトロフォーカス型レンズ、及び、これを搭載した投写型表示装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】図 13 は、従来の投写型表示装置（液晶プロジェクタ）の光学系を概略的に示す構成図である。図 13 に示されるように、この投写型表示装置 300 は、ランプ 120 及び反射鏡 130 からなり略平行な照明光束 2 を出射する光源 1 と、ダイクロイックミラー 3 B 及び 3 G と、光を反射するミラー 4 a、4 b、4 c とを有する。また、投写型表示装置 300 は、赤色用の画像を表示する透過型液晶パネル 5 R と、緑色用の画像を表示する透過型液晶パネル 5 G と、青色用の画像を表示する透過型液晶パネル 5 B と、赤色光 2 R 及び青色光 2 B を反射し、緑色光 2 G を透過させることにより、赤（R）、緑（G）、青（B）の合成された光束 2 O を出力するダイクロイックプリズム 6 と、入射光束 2 O をスクリーン 8 上に拡大投写する投写レンズ 7 とを有する。尚、図において、200 は、筐体を示す。

【0003】ダイクロイックミラー 3 B は、光源 1 から出射された光束 2 のうちの青色光 2 B を反射させ、赤色光 2 R 及び緑色光 2 G を透過させる。ダイクロイックミラー 3 B で反射した青色光 2 B は、ミラー 4 b で反射し、液晶パネル 5 B を透過してダイクロイックプリズム

であり、

下記の条件式（17）及び（18）

$$\cdots (17)$$

$$\cdots (18)$$

6 に入射する。ダイクロイックミラー 3 G は、ダイクロイックミラー 3 B を透過した緑色光 2 G を反射させ、赤色光 2 R を透過させる。ダイクロイックミラー 3 G で反射した緑色光 2 G は、液晶パネル 5 G を透過してダイクロイックプリズム 6 に入射する。ダイクロイックミラー 3 B を透過した赤色光 2 R は、ミラー 4 a 及び 4 c で反射し、液晶パネル 5 R を透過してダイクロイックプリズム 6 に入射する。ダイクロイックプリズム 6 は、入射した赤色光 2 R、緑色光 2 G、及び青色光 2 B を合成した光束 2 O を投写レンズ 7 に向けて出射する。投写レンズ 7 は、合成光束 2 O を拡大してスクリーン 8 上に投写する。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】上記投写型表示装置においては、投写レンズ 7 と映像源であるライトバルブ素子としての液晶パネル 5 R、5 G、5 B との間に分厚いダイクロイックプリズム 6 を配置する必要があるため、投写レンズ 7 には長いバックフォーカル長が要求される。

【0005】また、上記投写型表示装置をリアプロジェクタ（背面投写型表示装置）に適用する場合には、装置の外形寸法をできるだけ大きくしないという観点から、投写レンズ 7 からスクリーン 8 までの距離が短い（即ち、投写レンズ 7 が広角である）ほうが望ましい。

【0006】さらに、ダイクロイックプリズム 6 は光束の入射角に応じて分光透過率、偏光生成特性、反射率が大きく変化するため、液晶パネル 5 R、5 G、5 B に入射する照明光束は略平行光束となるよう（即ち、テレセントリック照明がなされるよう）設計されている。この場合、投写レンズ 7 に入射する光束は略平行光束である。このような光学系にバックフォーカル長の短い従来の広角投写レンズを用いると、液晶パネル 5 R、5 G、5 B の画面周辺部を透過して投写レンズ 7 に入射する光束が極端に少なくなり、投写映像の画面周辺部が暗くなる。従って、映像源の各位置から入射する光束の主光線が、投写レンズ 7 の光軸に対して略平行になるような構成（テレセントリック性を持つ構成）が望まれる。このために、液晶パネル 5 R、5 G、5 B から瞳位置までの距離が焦点距離に比べて十分に大きな構成の投写レンズが必要である。

【0007】以上のように、投写型表示装置に使用される投写レンズには、（1）広画角性、（2）大きなバックフォーカル長、（3）画像表示素子側のテレセントリック性、に関する基本仕様を満足することが要求される。また、投写型表示装置の投写レンズには、下記の

(4) から (7) までに記載した基本収差性能も要求される。

【0008】(4) 低色収差：投写画像の原色画素の投写倍率差が十分小さくなるよう、典型的には画素ピッチ程度に、また望ましくは画素ピッチの半分以上に倍率色収差を制御することが必要である。また、例えば照明光源に超高圧水銀ランプを使用する場合には、青色光の本来のスペクトル波長(450nm~470nm程度)よりも短い波長、例えば水銀のg線(436nm)近傍に強いスペクトルをもつ場合があり、このような輝線スペクトル成分についても、赤側の倍率色収差とのバランスを考慮しつつ倍率色収差補正し、青紫色(Violet)のフレア成分を抑制する必要がある。さらに、各原色毎の合焦点が一致するよう、縦の色収差を小さく制御することが必要である。

【0009】(5) 低歪曲収差：広角なリアプロジェクタ用レンズでは、投写スクリーンの枠の内側に矩形形状投写画像が投写されるので、画面周辺部の歪曲収差が目立ちやすい。従って、歪曲収差による画素の理想点からのずれを、典型的には画素ピッチ程度に制御することが求められる。また、CADに用いられるリアプロジェクタや、リア投写された単位画面を配列して画素数を増加させるマルチビジョンプロジェクタ等では、理想点からの絶対偏差が画素ピッチの半分以上程度となるように歪曲収差を制御することが求められる。

【0010】(6) 広い温度範囲での使用可能：プロジェクタの様々な設置温度環境、照明用ランプによる発熱に対処するために、投写レンズは広い温度範囲にわたって所望の光学性能を維持するような設計上の配慮が求められる。この使用温度範囲の問題を解決するために、ガラスレンズのみで投写レンズを構成する方法がある。一般的にガラスレンズはプラスチック材料に比べて温度変化に対する膨張、屈折率変化が小さく、安定な光学特性の維持に有利である。しかしながら、各種収差補正のために非球面を使用する場合、ガラスレンズはコスト的に不利である。そこで、本願のレンズ系ではプラスチック非球面レンズで各種収差補正を行い、なおかつ温度変化による合焦ずれが小さい投写レンズを実現する。

【0011】(7) 高解像度：近年開発が進んでいる100万画素級の高密度・多画素の画素数を有するライトバルブ素子の原画像を拡大投写するには、ライトバルブの微細画素構造に応じた高解像度な投写レンズが求められる。投写レンズの高解像度性を確保するためには、上述した色収差、歪曲収差以外の軸上収差、各種軸外収差も十分に補正する必要がある。

【0012】そこで、本発明は、上記したような従来技術の課題を解消するためになされたものであり、焦点距離に対してバックフォーカル長が長く、映像源側でテレセントリック性を有し、広画角投写が可能なレトロフォーカス型レンズ、及び、このレンズを用いた投写型表示

装置を提供することを目的とする。

【0013】

【課題を解決するための手段】請求項1に係るレトロフォーカス型レンズは、負の屈折力を有する第1群レンズと、正の屈折力を有する第2群レンズと、正の屈折力を有する第3群レンズとを大きな共役側から小さな共役側に向かって順に配置し、前記第1群レンズが、大きな共役側から小さな共役側に向かって順に、非球面を含む第1レンズと、負の屈折力を有し大きな共役側に凸のメニスカス状の第2レンズと、負の屈折力を有し大きな共役側に凸のメニスカス状の第3レンズと、負の屈折力を有し小さな共役側に凸のメニスカス状の第4レンズとを有し、前記第2群レンズが、大きな共役側から小さな共役側に向かって順に、正の屈折力を有する第5レンズと、該第5レンズに接合された第6レンズとを有し、前記第3群レンズが、大きな共役側から小さな共役側に向かって順に、正の屈折力を有し小さな共役側に凸のメニスカス状の第7レンズと、両凹の第8レンズと、該第8レンズと接合され正の屈折力を有する第9レンズと、両凸の第10レンズと、両凸の第11レンズと、非球面を含む第12レンズとを有し、 f をレンズ全系の焦点距離、 f_2 を前記第2群レンズの焦点距離、 f_3 を前記第3群レンズの焦点距離、 $|f_1|$ を前記第1群レンズの焦点距離の絶対値、 $|f_4|$ を前記第1レンズの軸上焦点距離の絶対値、 f_5 を前記第12レンズの軸上焦点距離としたときに、下記の条件式(1)、(2)、(3)及び(4)

$$0.8 < f_2 / f_3 < 1.5 \quad \dots (1)$$

$$1.6 < |f_1| / f < 2.4 \quad \dots (2)$$

$$|f_4| / f > 3.0 \quad \dots (3)$$

$$f_5 / f > 6 \quad \dots (4)$$

を満足することを特徴としている。

【0014】また、請求項2に係るレトロフォーカス型レンズは、前記第2群レンズと前記第3群レンズとの間に絞り手段が配置され、 $|EXP|$ をレンズ全系における小さな共役側の像面から、該小さな共役側の瞳面までの距離の絶対値としたときに、下記の条件式(5)

$$|EXP| / f > 5.0 \quad \dots (5)$$

を満足することを特徴としている。

【0015】また、請求項3に係るレトロフォーカス型レンズは、BFLをレンズ全系のバックフォーカル長としたときに、下記の条件式(6)

$$BFL / f > 2 \quad \dots (6)$$

を満足することを特徴としている。

【0016】また、請求項4に係るレトロフォーカス型レンズは、 ν_4 を前記第4レンズを構成する硝材のd線におけるアッペ数、 ν_5 を前記第5レンズを構成する硝材のd線におけるアッペ数、 ν_7 を前記第7レンズを構成する硝材のd線におけるアッペ数、 ν_8 を前記第8レンズを構成する硝材のd線におけるアッペ数、 ν_9 を前

記第9レンズを構成する硝材のd線におけるアッペ数、 ν_{10} を前記第10レンズを構成する硝材のd線における

$$\begin{aligned} 15 < \nu_4 < 30 \\ 15 < \nu_5 < 30 \\ 40 < \nu_7 < 100 \\ 15 < \nu_8 < 32 \\ 20 < \nu_9 < 50 \\ 70 < \nu_{10} < 100 \end{aligned}$$

を満足することを特徴としている。

【0017】また、請求項5に係るレトロフォーカス型レンズは、dP g F mを、第mレンズ(m=4, 5, 8, 10)を構成する硝材の異常分散性を表すパラメータとし、d線におけるアッペ数 ν_d を横軸にとり、F線からg線までの部分分散比P g Fを縦軸にとった座標系

$$\begin{aligned} 0.008 < dP g F_4 < 0.03 \\ 0.01 < dP g F_5 < 0.025 \\ 0.01 < dP g F_8 < 0.02 \\ 0.03 < dP g F_{10} < 0.055 \end{aligned}$$

を満足することを特徴としている。

【0018】また、請求項6に係るレトロフォーカス型

$$\begin{aligned} -0.01 < dP g F_7 < 0.045 \\ -0.015 < dP g F_9 < 0.02 \end{aligned}$$

を満足することを特徴としている。

【0019】また、請求項7に係る投写型表示装置は、光源と、該光源の出射光束により照明されるライトバルブと、該ライトバルブにより透過若しくは反射されて2次元的に変調された変調光束を拡大投写する請求項1から6までのいずれかに記載のレトロフォーカス型レンズとを備えたことを特徴としている。

【0020】また、請求項8に係る投写型表示装置は、前記ライトバルブを、液晶ライトバルブとしたことを特徴としている。

【0021】また、請求項9に係る投写型表示装置は、前記ライトバルブが、複数の、傾斜可能な単位ミラーを含むミラーアレイを有することを特徴としている。

【0022】また、請求項10に係る投写型表示装置は、前記ライトバルブが、複数の、変調位相量が可変である単位グレーティングを含むグレーティングアレイを有することを特徴としている。

【0023】

【発明の実施の形態】図1は、本発明の実施の形態1から5までのレトロフォーカス型レンズ10を概略的に示す構成図である。図1に示されるように、実施の形態1から5までのレトロフォーカス型レンズ10は、負の屈折力を有する第1群レンズG₁と、正の屈折力を有する第2群レンズG₂と、絞りSTO(絞り面をS₁₂で示す。)と、正の屈折力を有する第3群レンズG₃とを大きな共役側から小さな共役側に向けて順に配置した構造を持つ。ここで、「大きな共役側」とは、投写光の出射側(レトロフォーカス型レンズを投写レンズとする投写

アッペ数としたときに、下記の条件式(7)、(8)、(9)、(10)、(11)及び(12)

$$\begin{aligned} \cdots (7) \\ \cdots (8) \\ \cdots (9) \\ \cdots (10) \\ \cdots (11) \\ \cdots (12) \end{aligned}$$

において、正常部分分散比を表す直線をP g F n(ν_d)で示し、d線におけるアッペ数 ν_d における第mレンズを構成する異常分散性を示す硝材の異常部分分散比をP g F m a(ν_d)で示したときに、dP g F m = P g F m a(ν_d) - P g F n(ν_d)であり、下記の条件式(13)、(14)、(15)及び(16)

$$\begin{aligned} \cdots (13) \\ \cdots (14) \\ \cdots (15) \\ \cdots (16) \end{aligned}$$

レンズは、下記の条件式(17)及び(18)

$$\begin{aligned} \cdots (17) \\ \cdots (18) \end{aligned}$$

型表示装置におけるスクリーン側、即ち、図1における左側)を意味し、「小さな共役側」とは、投写光の入射側(レトロフォーカス型レンズを投写レンズとする投写型表示装置におけるライトバルブ側、即ち、図1における右側)を意味する。

【0024】第1群レンズG₁は、大きな共役側から順に配置された、中心近傍が弱い負の屈折力を有する第1レンズL₁と、負の屈折力を有し大きな共役側に凸のメニスカス状の第2レンズL₂と、負の屈折力を有し大きな共役側に凸のメニスカス状の第3レンズL₃と、負の屈折力を有し小さな共役側に凸のメニスカス状の第4レンズL₄とを有する。

【0025】第2群レンズG₂は、正の屈折力を有する第5レンズL₅と、この第5レンズL₅に接合された第6レンズL₆とを有する。

【0026】第3群レンズG₃は、大きな共役側から順に配置された、正の屈折力を有し小さな共役側に凸のメニスカス状の第7レンズL₇と、両凹の第8レンズL₈と、この第8レンズL₈に接合され正の屈折力を有する第9レンズL₉と、両凸の第10レンズL₁₀と、両凸の第11レンズL₁₁と、中心近傍が弱い正の屈折力を有する第12レンズL₁₂とを有する。

【0027】実施の形態1から5までのレトロフォーカス型レンズ10は、fをレンズ全系の焦点距離、f₂を第2群レンズG₂の焦点距離、f₃を第3群レンズG₃の焦点距離、|f₁|を第1群レンズG₁の焦点距離の絶対値、|f₄|を第1レンズL₁の軸上焦点距離の絶対値、f₅を第12レンズL₁₂の軸上焦点距離としたときに、

下記の条件式(1)、(2)、(3)及び(4)

$$0.8 < f_2/f_3 < 1.5 \quad \dots (1)$$

$$1.6 < |f_1|/f < 2.4 \quad \dots (2)$$

$$|f_4|/f > 3.0 \quad \dots (3)$$

$$f_5/f > 6 \quad \dots (4)$$

を満足するように構成されている。

【0028】このようなレトロフォーカス型レンズ10においては、広画角、短焦点距離にもかかわらず、投写レンズとライトバルブの間にプリズムPSMを配置可能な長いバックフォーカル長を確保することが可能である。また、ライトバルブから投写レンズに入射する各像高からの光束の主光線が光軸に対して略平行であることから、高い周辺光量比を確保でき、かつ前記プリズムPSMの入射角特性による光学特性変化に起因する投写画像への悪影響をなくすることができる。また、第1レンズL₁及び第12レンズL₁₂各々の両面に非球面を設けることで、少ないレンズ枚数でも球面収差、歪曲収差及び高次の諸収差を高度に補正できる。

【0029】条件式(1)は長いバックフォーカル長を確保するとともにテレセントリック性を保つための条件を示し、上限を越えると第3群レンズG₃の正の屈折力が強くなり過ぎ、軸外の主光線を略平行に保つテレセントリックの構成が困難となると共に、歪曲収差の補正が困難となる。また、下限を越えると第3群レンズG₃の正の屈折力が弱くなり過ぎ、レトロフォーカス型の構成が弱くなり長いバックフォーカル長を確保することが困難になる。

【0030】条件式(2)は長いバックフォーカル長を確保し、第1群レンズG₁のパワーを限定することにより軸外収差を良好に補正し、必要以上にレンズが大きくならないようにするための条件である。上限を越えると第1群レンズG₁の負の屈折力が弱くなり過ぎ、レトロフォーカス型の構成が弱くなるので、長いバックフォーカル長を確保することが困難となり、また、第1群レンズG₁の外形寸法が必要以上に大きくなる。また、下限を越えると第1群レンズG₁の負の屈折力が大きくなり過ぎ、軸外収差の補正が困難になる。

【0031】また、条件式(3)及び(4)はプラスチック材料からなる第1レンズL₁及び第12レンズL₁₂の軸上パワーを小さく制限することにより、レトロフォーカス型レンズ10の使用温度範囲を広げ、かつ温度変化に対する焦点ズレを防止するための条件式であり、各式の下限を超えて第1レンズL₁及び第12レンズL₁₂

$$1.5 < \nu_4 < 3.0$$

$$1.5 < \nu_5 < 3.0$$

$$4.0 < \nu_7 < 10.0$$

$$1.5 < \nu_8 < 3.2 \quad \dots$$

$$2.0 < \nu_9 < 5.0$$

$$7.0 < \nu_{10} < 10.0$$

を満足するように構成されている。

のパワーが大きくなると、レトロフォーカス型レンズ10が使用される環境温度変化に対して、解像力変化、フォーカスずれが大きくなりすぎて不都合である。

【0032】また、実施の形態1から5までのレトロフォーカス型レンズ10は、第2群レンズG₂と第3群レンズG₃との間に絞りSTOを備えると共に、|EXP|をレンズ全系における小さな共役側の像面から、該小さな共役側の瞳面までの距離の絶対値としたときに、下記の条件式(5)

$$|EXP|/f > 5.0 \quad \dots (5)$$

を満足するように構成されている。

【0033】条件式(5)を満足するレトロフォーカス型レンズ10においては、ライトバルブから投写レンズに入射する各像高からの光束の主光線が光軸に対して略平行にできるので、高い周辺光量比を確保でき、かつプリズムPSMの入射角特性による光学特性変化に起因する投写画像への悪影響をなくすることができる。条件式(5)の下限を超えて小さな共役側の瞳面と小さな共役側の像面間の距離が小さくなると、ライトバルブ側の主光線の傾きが大きくなり過ぎて不都合である。

【0034】また、実施の形態1から5までのレトロフォーカス型レンズ10は、BFLをレンズ全系のバックフォーカル長としたときに、下記の条件式(6)

$$BFL/f > 2 \quad \dots (6)$$

を満足するように構成されている。

【0035】条件式(6)を満足するレトロフォーカス型レンズにおいては、広画角、短焦点距離にもかかわらず、投写レンズとライトバルブの間にプリズムPSM、ライトバルブを保護するカバーガラスCG、及び適切な空気間隔を配置可能な長いバックフォーカル長を確保することが可能である。条件式(6)の下限を超えてバックフォーカル長が小さくなると、分厚いプリズムPSM、カバーガラスCG等を配置する上で不都合となる。

【0036】また、実施の形態1から5までのレトロフォーカス型レンズ10は、 ν_4 を第4レンズL₄を構成する硝材のd線におけるアッベ数、 ν_5 を第5レンズL₅を構成する硝材のd線におけるアッベ数、 ν_7 を第7レンズL₇を構成する硝材のd線におけるアッベ数、 ν_8 を第8レンズL₈を構成する硝材のd線におけるアッベ数、 ν_9 を第9レンズL₉を構成する硝材のd線におけるアッベ数、 ν_{10} を第10レンズL₁₀を構成する硝材のd線におけるアッベ数としたときに、下記の条件式(7)、(8)、(9)、(10)、(11)及び(12)

$$\dots (7)$$

$$\dots (8)$$

$$\dots (9)$$

$$\dots (10)$$

$$\dots (11)$$

$$\dots (12)$$

【0037】条件式(7)から(12)までを満足する

レトロフォーカス型レンズ10においては、第4レンズL4、第5レンズL5、第7レンズL7、第8レンズL8、第9レンズL9、及び第10レンズL10のアッペ数を各々所定の範囲に制限することで、軸上色収差及び倍率色収差を適切に制御可能である。各レンズL4、L5、L7、L8、L9、L10を構成する硝材のアッペ数が、各式の上限若しくは下限を超えて設定されると、軸上色収差、及び倍率色収差の絶対値、及びR/G/B各原色間の色収差補正バランスが崩れ、軸上色収差の増加による特定原色の解像度不足、及び倍率色収差の増加による特定原色の画素ずれが問題となる。

【0038】また、実施の形態1から5までのレトロフ

$$\begin{aligned} 0.008 < dPgF_4 < 0.03 \\ 0.01 < dPgF_5 < 0.025 \\ 0.01 < dPgF_8 < 0.02 \\ 0.03 < dPgF_{10} < 0.055 \end{aligned}$$

を満足する。

【0039】尚、 $PgF = (n_g - n_F) / (n_F - n_C)$ であり、 n_g 、 n_F 、 n_C はそれぞれ、g線（波長435.8nm）、F線（波長486.1nm）、C線（波長656.3nm）の波長における屈折率を表している。また、ここで用いるアッペ線は、縦軸に部分分散比PgF、横軸にアッペ数 ν_d をとった座標系において、2種類の正常部分分散ガラスを示す2点をプロット

$$\begin{aligned} \text{ショット社} &: PgF = -0.001689 * \nu_d + 0.644224 \\ \text{オハラ} &: PgF = -0.001618 * \nu_d + 0.641462 \\ \text{HOYA} &: PgF = -0.001802 * \nu_d + 0.648327 \\ \text{住田光学ガラス} &: PgF = -0.001488 * \nu_d + 0.637000 \end{aligned}$$

このようにアッペ線は概ね同じ値を示すので、 $dPgF_m$ は、図12に示されるいずれかのアッペ線について、上記条件式(13)から(16)までを満たせばよい。

【0040】上記条件式(7)から(12)までの条件による色収差補正の効果に加えて、条件式(13)から(16)までによって第4レンズL4、第5レンズL5、第8レンズL8、及び第10レンズL10を構成する硝材の異常分散性を各々所定の範囲に制限することで、特に短波長のフレア成分を有効に減少できる。例えば、超高圧水銀ランプを光源に用いた場合には、照明光中に水銀のg線近傍の輝線スペクトルが含まれるが、実施の形態1から5までのレトロフォーカス型レンズ10によれば、

$$\begin{aligned} -0.01 < dPgF_7 < 0.045 \\ -0.015 < dPgF_9 < 0.02 \end{aligned}$$

を満足する。

【0042】条件式(13)から(16)までの収差補正、フレア抑制効果に加えて条件式(17)及び(18)によって第7レンズL7及び第9レンズL9の異常分散性を各々所定の範囲に制限することで、投写画像のフレア成分を一層きめ細かく抑制することが可能となる。この結果、投写画像に細かい文字や線を含む場合に青紫色のフレア成分により表示画像の解像感が劣化したり、

フォーカス型レンズ10は、 $dPgF_m$ を、第mレンズ($m=4, 5, 8, 10$)を構成する硝材の異常分散性を表すパラメータとし、d線におけるアッペ数 ν_d を横軸にとり、F線からg線までの部分分散比PgFを縦軸にとった座標系において、正常部分分散比を表す直線（アッペ線）を $PgFn(\nu_d)$ で示し、d線におけるアッペ数 ν_d における第mレンズを構成する異常分散性を示す硝材の異常部分分散比を $PgFma(\nu_d)$ で示したときに、

$$dPgF_m = PgFma(\nu_d) - PgFn(\nu_d)$$

であり、下記の条件式(13)、(14)、(15)及び(16)

$$\dots (13)$$

$$\dots (14)$$

$$\dots (15)$$

$$\dots (16)$$

し、これら2点を結ぶ線である。アッペ線は、ガラスメーカーによって、若干異なるが、概ね同じ値を示す。図12(a)から(d)までに、ショット社(SHOT T)、株式会社オハラ(OHARA)、HOYA株式会社(HOYA)、株式会社住田光学ガラス(SUMITA)におけるアッペ線を示す。図12(a)から(d)までに示すように、アッペ線は、以下の1次関数で表わすことができる。

この輝線スペクトルが原因となって発生する投写画像のフレア成分を効果的に抑制することができる。この結果、投写画像に細かい文字や線を含む場合に青紫色のフレア成分により表示画像の解像感が劣化したり、ニジミのある画像として認識される問題が解消できる。逆に、上記各レンズの異常分散性が条件式(13)から(16)までの上限もしくは下限を超えて選定されると、青紫色のフレア成分が増大し高画質性を損なうことになる。

【0041】また、実施の形態1から5までのレトロフォーカス型レンズ10は、下記の条件式(17)及び(18)

$$\dots (17)$$

$$\dots (18)$$

ニジミのある画像として認識される問題が解消できる。逆に、上記各レンズの異常分散性が条件式(17)及び(18)の上限もしくは下限を超えて設定されると、青紫色のフレア成分が増大し高画質性を損なうことになる。

【0043】実施の形態1

実施の形態1のレトロフォーカス型レンズ10を構成する各要素は、下記の表1に示す数値例により特定され

る。表1において、S₁～S₂₃はレンズL₁～L₁₂の各面を示す。また、S₂₄及びS₂₅はプリズムPSMの各面、S₂₆及びS₂₇はカバーガラスCGの各面を示す。また、OBJはスクリーン、Rは各面の曲率半径、Tは各面の面間隔、N_dはd線（Heのd線であり、波長587.56nmである。）に対する硝材の屈折率、ν_dはd線

におけるアッペ数、Infinityは無限大を示す。また、Typeは特別な面のタイプを示し、ASPは非球面、STOは絞り面を示す。

【0044】

【表1】

| S | R | T | Nd | νd | Type |
|-----|-----------|-----------|----------|--------|------|
| OBJ | Infinity | 858.55 | | | |
| 1 | -523.6556 | 4 | 1.491000 | 57.562 | ASP |
| 2 | 514.0728 | 0.5304008 | | | ASP |
| 3 | 33.83429 | 5.479604 | 1.816000 | 46.600 | |
| 4 | 18.11977 | 7.402664 | | | |
| 5 | 60.944 | 1.930828 | 1.516800 | 64.200 | |
| 6 | 29.00685 | 5.523577 | | | |
| 7 | -62.45322 | 15.25701 | 1.915357 | 21.200 | |
| 8 | -694.9453 | 30.34551 | | | |
| 9 | 26.82546 | 3.041943 | 1.846659 | 23.800 | |
| 10 | -365.2097 | 1.68066 | 1.806100 | 40.730 | |
| 11 | 257.9009 | 0.2485364 | | | |
| 12 | Infinity | 10.12673 | | | STO |
| 13 | -42.11169 | 6.136205 | 1.668921 | 45.000 | |
| 14 | -23.92971 | 1.092819 | | | |
| 15 | -18.54591 | 1.508804 | 1.846660 | 23.830 | |
| 16 | 18.54591 | 4.072995 | 1.797120 | 35.080 | |
| 17 | 234.3953 | 2.943065 | | | |
| 18 | 35.36946 | 6.982814 | 1.434250 | 95.000 | |
| 19 | -37.2984 | 0.8544881 | | | |
| 20 | 37.99807 | 6.120832 | 1.516800 | 64.200 | |
| 21 | -123.2559 | 0.4768649 | | | |
| 22 | 83.18422 | 3.34 | 1.491000 | 57.562 | ASP |
| 23 | -137.8496 | 5.03 | | | ASP |
| 24 | Infinity | 26 | 1.516800 | 64.200 | |
| 25 | Infinity | 3 | | | |
| 26 | Infinity | 2.74 | 1.471693 | 65.850 | |
| 27 | Infinity | | | | |

【0045】また、第1レンズL₁は、プラスチック材料（PMMA：polymethylmethacrylate）からなり、そのレンズ面S₁、S₂を非球面としている。また、第12レンズL₁₂も、同じPMMAからなり、そのレンズ面S₂₂、S₂₃を非球面としている。レンズ面S₁、S₂及びレ

ンズ面S₂₂、S₂₃の形状は、次式（19）で表わされる。

【0046】

【数1】

$$Z = \frac{Y^2/R}{1 + \{1 - (1+K)Y^2/R^2\}^2} + DY^4 + EY^6 + FY^8 + GY^{10} + HY^{12} + IY^{14}$$

…式（19）

【0047】ここで、Zはレンズ面の頂点を基準とした光軸方向の距離、Yは光軸に垂直な方向への距離、Kはコーニク係数、Rは中心部曲率半径、Dは4次の非球面係数、Eは6次の非球面係数、Fは8次の非球面係数、Gは10次の非球面係数、Hは12次の非球面係数、Iは14次の非球面係数を示す。また、非球面係数K、D、E、F、G、H、Iの値は、以下の表2に示す。

数、Iは14次の非球面係数を示す。また、非球面係数K、D、E、F、G、H、Iの値は、以下の表2に示す。

【0048】

【表2】

<非球面係数>

| S | K | D | E | F |
|----|-----------|--------------|---------------|----------------|
| 1 | 32.79982 | 3.5020967e-5 | -8.659474e-8 | 1.2542213e-10 |
| 2 | -3.143952 | 3.8128909e-5 | -1.3036009e-7 | 2.3490044e-10 |
| 22 | -96.65446 | 1.8810461e-6 | -1.372124e-7 | -1.4116834e-10 |
| 23 | -2.165457 | 3.4512883e-6 | -3.2416442e-8 | -4.9537585e-10 |

| S | G | H | I |
|----|----------------|----------------|---------------|
| 1 | -6.6214841e-14 | -1.0583201e-17 | 2.1834647e-20 |
| 2 | -1.595244e-13 | -2.3343029e-18 | 3.3386459e-20 |
| 22 | 2.6262719e-12 | -9.9308871e-15 | 1.4447615e-17 |
| 23 | 3.3877491e-12 | -9.6148395e-15 | 1.1066089e-17 |

【0049】第1レンズL₁と第12レンズL₁₂をプラスチック材料で形成し、非球面レンズとしたので、球面収差、歪曲収差、並びに、各種軸外収差を良好に補正できる。また、上記条件式(3)及び(4)に示されるように、全レンズ系の焦点距離に対する各プラスチックレンズの軸上焦点距離を大きく設定することで、温度変化が生じた場合の焦点ズレを小さく制御し、使用環境の温度が変化した場合にも、全レンズ系の解像力を中心とする結像光学特性の変化を小さくすることができる。

【0050】尚、第1レンズL₁と第12レンズL₁₂のプラスチック材料は、PMMA以外の材料、例えば、日本ゼオン株式会社製のZEONEX-280S(商品名)や、日立化成工業株式会社製のOZ-1000(商品名)を用いてもよく、この場合には、レンズ全系としての使用温度範囲の上限を高めることができる。

【0051】図1及び表1に示した絞りSTOはライトバルブ側の主光線傾きに関係し、また投写画像の明るさ、解像力のバランスを調整する。例えば、図13の装置において、ライトバルブで変調された光束20が限りなくレンズの光軸に平行な場合、投写レンズ7のテレセントリック性により絞りS₁₂の開口径を小さくしても十分な明るさを得ることができる。しかしながら、実際には照明光束2は、ある角度分布をもってライトバルブ面を照明しており、絞りSTOの開口径をあまり小さくすると十分な投写画像の明るさを得ることができなくなる。逆に、絞りSTOの開口径を大きくして明るさを確保しようとする場合、レンズのテレセントリック性のためライトバルブ面にある角度をもって入射する光線が解像力を損なうおそれがある。従って、絞りSTOは照明系、レンズの組み合わせによって任意にその開口径が変えられるような構成とすることが望ましい。

【0052】また、実施の形態1のレトロフォーカス型レンズ10における f_2/f_3 、 $|f_1|/f$ 、 $|f_4|/f$ 、 f_5/f 、 $|EXP|/f$ 、 BFL/f は、後述する表11に示す値となり、また、 ν_4 、 ν_5 、 ν_7 、 ν_8 、 ν_9 、 ν_{10} 、 $dPgF_4$ 、 $dPgF_5$ 、 $dPgF_7$ 、 $dPgF_8$ 、 $dPgF_9$ 、 $dPgF_{10}$ は、後述する表12に示す値となり、上記の条件式(1)～(18)を満足する。

また、第4レンズL₄、第5レンズL₅、第7レンズL₇、第8レンズL₈、第9レンズL₉、及び第10レンズL₁₀の $dPgF$ 値、これを製造したメーカー名、及び硝材の製品番号(GLASS欄)を表13に示す。

【0053】さらに、実施の形態1のレトロフォーカス型レンズ10は、レトロフォーカス型レンズ10とライトバルブ面との間にプリズムPSM及びライトバルブ前面のカバーガラスCGが配置でき、かつ、レトロフォーカス型レンズ10からライトバルブの画像形成面IMGに至る光路中に適切な空気間隔が配置できるように、長いバックフォーカル長を有している。また、各画角における主光線はライトバルブ側でレンズ光軸に対して略平行になるように設計されており、十分な周辺光量を確保するとともにプリズム内での透過、反射が画面内で均一となるため投写画像の色ムラ、輝度ムラの発生要因を軽減できる。

【0054】図2は、実施の形態1のレトロフォーカス型レンズの特性を示すものであり、同図(a)は、小さな共役側における非点収差、同図(b)は、歪曲収差を示す。図2に示される非点収差及び歪曲収差は、共に波長546.1nmの光についてプロットしたものである。また、図2(a)において、TAは、軸外の主光線と光軸を含む面内の光線であるタンジェンシャル光線であり、SAは、軸外の主光線を含みタンジェンシャル面に直交する光線であるサジタル光線である。

【0055】図3は、実施の形態1のレトロフォーカス型レンズの特性を示すものであり、同図(a)は、軸上(即ち、像高が0.00mm)の横収差、同図(b)は、像高が10.24mm(スクリーン側画角40.8°)の横収差を示す。また、同図において、PYは光軸に垂直なY軸方向を示し、EYはY軸方向の横収差を示す。また、PXは光軸及びY軸に垂直なX軸方向を示し、EXはX軸方向の横収差を示す。また、横収差は、波長WL₁(=470nm)、波長WL₂(=546.1nm)、波長WL₃(=610nm)の光についてプロットした。

【0056】マトリクス状の画素配列構造を有するライトバルブを用いた投写型表示装置においては、画面全体

にわたる色ズレ、投写画面の歪みをレンズ以外の手段で補正することはできないため、レンズの色収差、歪曲収差等の大小が、そのまま投写画像の品質に大きく影響する。実施の形態1のレトロフォーカス型レンズでは、前記条件式(7)、(8)、(9)、(10)、(11)、(12)によって、レンズL4、L5、L7、L8、L9、L10各々のアッペ数の上限値及び下限値を制限することで、全レンズ系の色収差(軸上色収差及び倍率色収差)を小さく抑制し、投写画像の原色画素の色ズレを、ライトバルブ面上の主光線に対して7 μ m未満と小さな値に抑えることができる。

【0057】さらに、条件式(13)、(14)、(15)、(16)において、レンズL4、L5、L8、L10各々の異常分散性の上限値及び下限値を制限することで、例えば超高圧水銀ランプを光源に用いた場合にライトバルブ照明光中に含まれる水銀のg線近傍の輝線スペクトルに起因する投写画像のフレア成分を抑制することが可能となり、投写画像に細かい文字や線を含む場合に

青紫色(Violet)のフレア成分により表示画像の解像感が劣化したり、ニジミのある画像として認識される問題が解消できる。このフレア抑制効果は、さらに条件式(17)、(18)によりレンズL7、レンズL9、各々の異常分散性の上限値及び下限値を制限をすることで一層効果的に作用する。

【0058】以上説明したように、実施の形態1のレトロフォーカス型レンズ10においては、色収差(縦色収差、倍率色収差、フレア成分)、歪曲収差とも十分に補正されており、リアプロジェクタとしての使用に際して十分な投写性能を実現できる。さらに、100万画素級の多画素のライトバルブの投写が可能のように、その他の軸上収差、各種軸外収差も十分に補正されている。

【0059】実施の形態2

実施の形態2におけるレトロフォーカス型レンズ10の構成は、下記の表3に示す数値例により特定される。

【0060】

【表3】

| S | R | T | Nd | v_d | Type |
|-----|-----------|-----------|----------|--------|------|
| OBJ | Infinity | 858.55 | | | |
| 1 | -523.6556 | 4 | 1.491000 | 57.562 | ASP |
| 2 | 514.0728 | 0.3460913 | | | ASP |
| 3 | 32.46232 | 5.741718 | 1.815500 | 44.540 | |
| 4 | 17.70302 | 7.509995 | | | |
| 5 | 61.35029 | 1.513102 | 1.516800 | 64.200 | |
| 6 | 28.64692 | 5.370549 | | | |
| 7 | -62.80119 | 15.68162 | 1.952500 | 20.360 | |
| 8 | -591.8352 | 29.28073 | | | |
| 9 | 27.42022 | 2.96639 | 1.846660 | 23.780 | |
| 10 | 523.2012 | 1.640253 | 1.835000 | 42.980 | |
| 11 | 239.0524 | 0.4799632 | | | |
| 12 | Infinity | 10.7825 | | | STO |
| 13 | -36.80036 | 8.578273 | 1.670030 | 47.110 | |
| 14 | -21.68061 | 0.8112146 | | | |
| 15 | -17.80312 | 1.499474 | 1.806450 | 24.400 | |
| 16 | 17.80312 | 5.136428 | 1.803490 | 30.400 | |
| 17 | 166.289 | 0.7903997 | | | |
| 18 | 36.07789 | 7.570944 | 1.455999 | 90.300 | |
| 19 | -37.86468 | 0.4496936 | | | |
| 20 | 37.05455 | 5.229943 | 1.516800 | 64.200 | |
| 21 | -124.2783 | 0.3900116 | | | |
| 22 | 83.18422 | 3.34 | 1.491000 | 57.562 | ASP |
| 23 | -137.8496 | 5.03 | | | ASP |
| 24 | Infinity | 26 | 1.516800 | 64.200 | |
| 25 | Infinity | 3 | | | |
| 26 | Infinity | 2.74 | 1.471693 | 65.850 | |
| 27 | Infinity | | | | |

【0061】レンズ面S1、S2及びレンズ面S22、S23の形状は、上記式(19)で表わされる。また、非球面係数K、D、E、F、G、H、Iの値は、以下の表4に

示す。

【0062】

【表4】

<非球面係数>

| S | K | D | E | F |
|----|-----------|--------------|---------------|----------------|
| 1 | 32.79982 | 3.5020967e-5 | -8.659474e-8 | 1.2542213e-10 |
| 2 | -3.143952 | 3.8128909e-5 | -1.3036009e-7 | 2.3490044e-10 |
| 22 | -96.65446 | 1.8810461e-6 | -1.372124e-7 | -1.4116834e-10 |
| 23 | -2.165457 | 3.4512883e-6 | -3.2416442e-8 | -4.9537585e-10 |

| S | G | H | I |
|----|----------------|----------------|---------------|
| 1 | -6.6214841e-14 | -1.0583201e-17 | 2.1834647e-20 |
| 2 | -1.595244e-13 | -2.3343029e-18 | 3.3386459e-20 |
| 22 | 2.6262719e-12 | -9.9308871e-15 | 1.4447615e-17 |
| 23 | 3.3877491e-12 | -9.6148395e-15 | 1.1066089e-17 |

【0063】また、実施の形態2のレトロフォーカス型レンズ10における f_2/f_3 、 $|f_1|/f$ 、 $|f_4|/f$ 、 f_5/f 、 $|EXP|/f$ 、 BFL/f は、後述する表11に示す値となり、また、 ν_4 、 ν_5 、 ν_7 、 ν_8 、 ν_9 、 ν_{10} 、 $dPgF_4$ 、 $dPgF_5$ 、 $dPgF_7$ 、 $dPgF_8$ 、 $dPgF_9$ 、 $dPgF_{10}$ は、後述する表12に示す値となり、上記の条件式(1)～(18)を満足する。また、第4レンズL4、第5レンズL5、第7レンズL7、第8レンズL8、第9レンズL9、及び第10レンズL10の $dPgF$ 値、これを製造したメーカー名、及び硝材の製品番号(GLASS欄)を表14に示す。

【0064】図4は、実施の形態2のレトロフォーカス型レンズの特性を示すものであり、同図(a)は、小さな共役側における非点収差、同図(b)は、歪曲収差を示す。図4に示される非点収差及び歪曲収差は、共に波長546.1nmの光についてプロットしたものであ

る。

【0065】図5は、実施の形態2のレトロフォーカス型レンズの特性を示すものであり、同図(a)は、軸上(即ち、像高が0.00mm)の横収差、同図(b)は、像高が10.24mm(スクリーン側面角40.8°)の横収差を示す。横収差は、波長 WL_1 (=470nm)、波長 WL_2 (=546.1nm)、波長 WL_3 (=610nm)の光についてプロットした。尚、実施の形態2において上記以外の点は、上記実施の形態1と同一である。

【0066】実施の形態3

実施の形態3におけるレトロフォーカス型レンズ10の構成は、下記の表5に示す数値例により特定される。

【0067】

【表5】

| S | R | T | Nd | νd | Type |
|-----|-----------|-----------|----------|---------|------|
| OBJ | Infinity | 858.55 | | | |
| 1 | -523.6556 | 4 | 1.491000 | 57.562 | ASP |
| 2 | 514.0728 | 0.290537 | | | ASP |
| 3 | 35.40269 | 6.328004 | 1.815500 | 44.540 | |
| 4 | 17.97651 | 9.225756 | | | |
| 5 | 732.3459 | 1.511957 | 1.565800 | 61.000 | |
| 6 | 39.71425 | 4.475727 | | | |
| 7 | -61.05018 | 17.00026 | 1.846660 | 23.830 | |
| 8 | -88.2142 | 25.28463 | | | |
| 9 | 31.6968 | 7.644573 | 1.806450 | 24.400 | |
| 10 | -56.61138 | 1.525936 | 1.850259 | 32.300 | |
| 11 | 400.5343 | 0.2472514 | | | |
| 12 | Infinity | 6.278201 | | | STO |
| 13 | -45.30546 | 7.217551 | 1.668921 | 45.000 | |
| 14 | -29.10246 | 1.844334 | | | |
| 15 | -22.93409 | 1.499244 | 1.806450 | 24.400 | |
| 16 | 22.93409 | 5.404707 | 1.880670 | 41.010 | |
| 17 | 84.79871 | 3.100244 | | | |
| 18 | 35.30042 | 6.928448 | 1.438750 | 95.000 | |
| 19 | -39.75226 | 0.3045151 | | | |
| 20 | 38.59989 | 5.269955 | 1.565800 | 61.000 | |
| 21 | -120.6387 | 0.4012553 | | | |
| 22 | 83.18422 | 3.34 | 1.491000 | 57.562 | ASP |
| 23 | -137.8496 | 5.03 | | | ASP |
| 24 | Infinity | 26 | 1.516800 | 64.200 | |
| 25 | Infinity | 3 | | | |
| 26 | Infinity | 2.74 | 1.471693 | 65.850 | |
| 27 | Infinity | | | | |

【0068】レンズ面 S_1 、 S_2 及びレンズ面 S_{22} 、 S_{23} の形状は、上記式(19)で表わされる。また、非球面係数 K 、 D 、 E 、 F 、 G 、 H 、 I の値は、以下の表6に示す。

示す。

【0069】

【表6】

| S | K | D | E | F |
|----|-----------|--------------|---------------|----------------|
| 1 | 32.79982 | 3.5020967e-5 | -8.659474e-8 | 1.2542213e-10 |
| 2 | -3.143952 | 3.8128909e-5 | -1.3036009e-7 | 2.3490044e-10 |
| 22 | -96.65446 | 1.8810461e-6 | -1.372124e-7 | -1.4116834e-10 |
| 23 | -2.165457 | 3.4512883e-6 | -3.2416442e-8 | -4.9537585e-10 |

| S | G | H | I |
|----|----------------|----------------|---------------|
| 1 | -6.5214841e-14 | -1.0583201e-17 | 2.1834647e-20 |
| 2 | -1.595244e-13 | -2.3343029e-18 | 3.3386459e-20 |
| 22 | 2.6262719e-12 | -9.9308871e-15 | 1.4447615e-17 |
| 23 | 3.3877491e-12 | -9.6148395e-15 | 1.1066089e-17 |

【0070】また、実施の形態3のレトロフォーカス型レンズ10における f_2/f_3 、 $|f_1|/f$ 、 $|f_4|/f$ 、 f_5/f 、 $|EXP|/f$ 、 BFL/f は、後述する表11に示す値となり、また、 ν_4 、 ν_5 、 ν_7 、 ν_8 、 ν_9 、 ν_{10} 、 $dPgF_4$ 、 $dPgF_5$ 、 $dPgF_7$ 、 $dPgF_8$ 、 $dPgF_9$ 、 $dPgF_{10}$ は、後述する表12に示す値となり、上記の条件式(1)～(18)を満足する。

また、第4レンズ L_4 、第5レンズ L_5 、第7レンズ L_7 、第8レンズ L_8 、第9レンズ L_9 、及び第10レンズ L_{10} の $dPgF$ 値、これを製造したメーカー名、及び硝材の製品番号(GLASS欄)を表15に示す。

【0071】次に、本レンズ系の小さな共役側における非点収差と、歪曲収差を図6に、また横収差を図7に示す。非点収差、歪曲収差共に波長546.1nmについて

てプロットした。また横収差は、470nmの波長WL₁、546.1nmの波長WL₂、610nmの波長WL₃についてプロットした。図7(a)は軸上の横収差、図7(b)は最大像高10.24mm(スクリーン側画角40.8°)の横収差である。尚、実施の形態3において上記以外の点は、上記実施の形態1と同一である。

【0072】実施の形態4

実施の形態4におけるレトロフォーカス型レンズ10の構成は、下記の表7に示す数値例により特定される。

【0073】

【表7】

| S | R | T | Nd | v _d | Type |
|-----|-----------|-----------|----------|----------------|------|
| OBJ | Infinity | 858.55 | | | |
| 1 | -523.6556 | 4 | 1.491000 | 57.562 | ASP |
| 2 | 514.0728 | 0.3106203 | | | ASP |
| 3 | 32.11425 | 4.897889 | 1.815500 | 44.540 | |
| 4 | 18.13915 | 9.891571 | | | |
| 5 | 615.953 | 1.867131 | 1.516800 | 64.200 | |
| 6 | 38.07008 | 4.872353 | | | |
| 7 | -55.8922 | 10.76093 | 1.952500 | 20.360 | |
| 8 | -158.9936 | 33.43624 | | | |
| 9 | 27.15409 | 1.71539 | 1.846660 | 23.780 | |
| 10 | 65.88343 | 1.703782 | 1.835000 | 42.980 | |
| 11 | 389.4769 | 1.885492 | | | |
| 12 | Infinity | 10.1411 | | | STO |
| 13 | -34.59501 | 7.346158 | 1.434250 | 95.000 | |
| 14 | -20.98952 | 1.303026 | | | |
| 15 | -16.54598 | 1.698124 | 1.806450 | 24.400 | |
| 16 | 16.54598 | 5.182819 | 1.784696 | 26.300 | |
| 17 | 173.9901 | 0.2414552 | | | |
| 18 | 35.77961 | 8.228911 | 1.455999 | 90.300 | |
| 19 | -29.56398 | 0.734205 | | | |
| 20 | 38.65487 | 5.236639 | 1.516800 | 64.200 | |
| 21 | -96.22279 | 0.312764 | | | ASP |
| 22 | 83.18422 | 3.34 | 1.491000 | 57.562 | ASP |
| 23 | -137.8496 | 5.03 | | | ASP |
| 24 | Infinity | 26 | 1.516800 | 64.200 | |
| 25 | Infinity | 3 | | | |
| 26 | Infinity | 2.74 | 1.471693 | 65.850 | |
| 27 | Infinity | | | | |

【0074】レンズ面S₁、S₂及びレンズ面S₂₂、S₂₃の形状は、上記式(19)で表わされる。また、非球面係数K、D、E、F、G、H、Iの値は、以下の表8に

示す。

【0075】

【表8】

<非球面係数>

| S | K | D | E | F |
|----|-----------|--------------|---------------|----------------|
| 1 | 32.79982 | 3.5020967e-5 | -8.659474e-8 | 1.2542213e-10 |
| 2 | -3.143952 | 3.8128909e-5 | -1.3036009e-7 | 2.3490044e-10 |
| 21 | 5.656857 | 5.7780988e-8 | 5.0172158e-9 | 5.67066e-12 |
| 22 | -96.65446 | 1.8810461e-6 | -1.372124e-7 | -1.4116834e-10 |
| 23 | -2.165457 | 3.4512883e-6 | -3.2416442e-8 | -4.9537585e-10 |

| S | G | H | I |
|----|----------------|----------------|---------------|
| 1 | -6.6214841e-14 | -1.0583201e-17 | 2.1834647e-20 |
| 2 | -1.595244e-13 | -2.3343029e-18 | 3.3386459e-20 |
| 21 | 1.4116746e-14 | 0.00 | 0.00 |
| 22 | 2.6262719e-12 | -9.9308871e-15 | 1.4447615e-17 |
| 23 | 3.3877491e-12 | -9.6148395e-15 | 1.1066089e-17 |

【0076】また、実施の形態4のレトロフォーカス型レンズ10における f_2/f_3 、 $|f_1|/f$ 、 $|f_4|/f$ 、 f_5/f 、 $|EXP|/f$ 、 BFL/f は、後述する表11に示す値となり、また、 ν_4 、 ν_5 、 ν_7 、 ν_8 、 ν_9 、 ν_{10} 、 $dPgF_4$ 、 $dPgF_5$ 、 $dPgF_7$ 、 $dPgF_8$ 、 $dPgF_9$ 、 $dPgF_{10}$ は、後述する表12に示す値となり、上記の条件式(1)～(18)を満足する。また、第4レンズL4、第5レンズL5、第7レンズL7、第8レンズL8、第9レンズL9、及び第10レンズL10の $dPgF$ 値、これを製造したメーカー名、及び硝材の製品番号(GLASS欄)を表16に示す。

【0077】次に、本レンズ系の小さな共役側における非点収差と、歪曲収差を図8に、また横収差を図9に示

す。非点収差、歪曲収差共に波長546.1nmについてプロットした。また横収差は、470nmの波長WL1、546.1nmの波長WL2、610nmの波長WL3についてプロットした。図9(a)は軸上の横収差、図9(b)は最大像高10.24mm(スクリーン側画角40.7°)の横収差である。尚、実施の形態4において上記以外の点は、上記実施の形態1と同一である。

【0078】実施の形態5

実施の形態5におけるレトロフォーカス型レンズ10の構成は、下記の表9に示す数値例により特定される。

【0079】

【表9】

| S | R | T | Nd | νd | Type |
|-----|-----------|-----------|----------|-----------|------|
| OBJ | Infinity | 858.55 | | | |
| 1 | -523.6556 | 4 | 1.491000 | 57.562379 | ASP |
| 2 | 514.0728 | 0.2507191 | | | ASP |
| 3 | 31.79713 | 5.83051 | 1.815500 | 44.540001 | |
| 4 | 17.41408 | 8.94829 | | | |
| 5 | 250.0999 | 1.500401 | 1.518206 | 65.000000 | |
| 6 | 32.69828 | 5.044313 | | | |
| 7 | -50.54402 | 17.00136 | 1.808095 | 22.800000 | |
| 8 | -116.8878 | 28.05658 | | | |
| 9 | 27.78104 | 2.077707 | 1.784700 | 26.100000 | |
| 10 | -379.0815 | 1.499639 | 1.822230 | 37.450001 | |
| 11 | 192.1694 | 1.933463 | | | |
| 12 | Infinity | 13.95595 | | | STO |
| 13 | -33.44034 | 1.499981 | 1.670030 | 47.110001 | |
| 14 | -17.82397 | 0.4832298 | | | |
| 15 | -15.78343 | 1.498544 | 1.806450 | 24.400000 | |
| 16 | 15.78343 | 5.389283 | 1.784723 | 25.700000 | |
| 17 | 188.8437 | 0.2447158 | | | |
| 18 | 35.68195 | 6.9571 | 1.455999 | 90.300000 | |
| 19 | -31.56879 | 3.626223 | | | |
| 20 | 33.3398 | 5.424156 | 1.518350 | 60.300000 | |
| 21 | -157.8581 | 0.5667947 | | | |
| 22 | 83.18422 | 3.34 | 1.491000 | 57.562379 | ASP |
| 23 | -137.8496 | 5.03 | | | ASP |
| 24 | Infinity | 26 | 1.516800 | 64.199997 | |
| 25 | Infinity | 3 | | | |
| 26 | Infinity | 2.74 | 1.471693 | 65.849544 | |
| 27 | Infinity | | | | |

【0080】レンズ面 S_1 、 S_2 及びレンズ面 S_{22} 、 S_{23} の形状は、上記式(19)で表わされる。また、非球面係数 K 、 D 、 E 、 F 、 G 、 H 、 I の値は、以下の表10

に示す。

【0081】

【表10】

<非球面係数>

| S | K | D | E | F |
|----|-----------|--------------|---------------|----------------|
| 1 | 32.79982 | 3.5020967e-5 | -8.659474e-8 | 1.2542213e-10 |
| 2 | -3.143952 | 3.8128909e-5 | -1.3036009e-7 | 2.3490044e-10 |
| 22 | -96.65446 | 1.8810461e-6 | -1.372124e-7 | -1.4116834e-10 |
| 23 | -2.165457 | 3.4512883e-6 | -3.2416442e-8 | -4.9537585e-10 |

| S | G | H | I |
|----|----------------|----------------|---------------|
| 1 | -6.6214841e-14 | -1.0583201e-17 | 2.1834647e-20 |
| 2 | -1.595244e-13 | -2.3343029e-18 | 3.3386459e-20 |
| 22 | 2.6262719e-12 | -9.9308871e-15 | 1.4447615e-17 |
| 23 | 3.3877491e-12 | -9.6148395e-15 | 1.1066089e-17 |

【0082】また、実施の形態5のレトロフォーカス型レンズ10における f_2/f_3 、 $|f_1|/f$ 、 $|f_4|/f$ 、 f_5/f 、 $|EXP|/f$ 、 BFL/f は、後述する表11に示す値となり、また、 ν_4 、 ν_5 、 ν_7 、 ν_8 、 ν_9 、 ν_{10} 、 $dPgF_4$ 、 $dPgF_5$ 、 $dPgF_7$ 、 $dPgF_8$ 、 $dPgF_9$ 、 $dPgF_{10}$ は、後述する表12に示す値となり、上記の条件式(1)～(18)を満足する。また、第4レンズ L_4 、第5レンズ L_5 、第7レンズ

L_7 、第8レンズ L_8 、第9レンズ L_9 、及び第10レンズ L_{10} の $dPgF$ 値、これを製造したメーカー名、及び硝材の製品番号(GLASS欄)を表17に示す。

【0083】次に、本レンズ系の小さな共役側における非点収差と、歪曲収差を図10に、また横収差を図11に示す。非点収差、歪曲収差共に波長546.1nmについてプロットした。また横収差は、470nmの波長 WL_1 、546.1nmの波長 WL_2 、610nmの波長

WL₃についてプロットした。図11(a)は軸上の横収差、図11(b)は最大像高10.24mm(スクリーン側画角40.8°)の横収差である。尚、実施の形態5において上記以外の点は、上記実施の形態1と同一である。

【0084】上記実施の形態1～5にて説明した数値実施例(表1～5)の各種パラメータをまとめると、以下の表11～17ようになる。

【0085】

【表11】

| 実施の形態 | f(mm) | ω (deg) | F | β | D | D2 | D3 | EXP | I4 | I5 | BFL | D1/F | D3 | I4/F | I5/F | EXP/F | BFL/F |
|-------|-------|----------------|-----|---------|--------|-------|-------|---------|-------|-------|-------|------|-----|------|------|-------|-------|
| 1 | 11.79 | 40.8 | 3.0 | 75.3 | -21.33 | 34.36 | 35.05 | -1332.6 | -5.26 | 105.8 | 28.40 | 1.8 | 1.0 | 44.6 | 9.0 | 113.0 | 2.4 |
| 2 | 11.78 | 40.8 | 3.0 | 75.3 | -21.43 | 35.83 | 34.19 | -1569.9 | -5.26 | 105.8 | 28.39 | 1.8 | 1.0 | 44.6 | 9.0 | 133.3 | 2.4 |
| 3 | 11.78 | 40.8 | 3.0 | 75.3 | -26.83 | 43.18 | 30.72 | -825.4 | -5.26 | 105.8 | 28.38 | 2.3 | 1.4 | 44.6 | 9.0 | 70.2 | 2.4 |
| 4 | 11.84 | 40.7 | 3.0 | 75.0 | -21.64 | 34.21 | 35.47 | -2839.1 | -5.26 | 105.8 | 28.40 | 1.8 | 1.0 | 44.4 | 8.9 | 241.5 | 2.4 |
| 5 | 11.77 | 40.8 | 3.0 | 75.4 | -22.05 | 41.07 | 34.28 | -1956.7 | -5.26 | 105.8 | 28.39 | 2.0 | 1.2 | 44.7 | 9.0 | 166.2 | 2.4 |

【0086】

【表12】

| 実施の形態 | v4 | v5 | v7 | v8 | v9 | v10 | dPgF4 | dPgF5 | dPgF7 | dPgF8 | dPgF9 | dPgF10 |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|---------|--------|---------|--------|
| 1 | 21.20 | 23.80 | 45.00 | 23.83 | 35.08 | 95.00 | 0.0220 | 0.0181 | 0.0005 | 0.0123 | 0.0011 | 0.0385 |
| 2 | 20.36 | 23.78 | 47.11 | 24.40 | 30.40 | 90.30 | 0.0217 | 0.0136 | -0.0001 | 0.0136 | 0.0055 | 0.0386 |
| 3 | 23.83 | 24.40 | 45.00 | 24.40 | 41.01 | 95.00 | 0.0123 | 0.0136 | 0.0005 | 0.0136 | -0.0084 | 0.0463 |
| 4 | 20.36 | 23.78 | 95.00 | 24.40 | 26.30 | 90.30 | 0.0217 | 0.0136 | 0.0385 | 0.0136 | 0.0146 | 0.0386 |
| 5 | 22.80 | 26.10 | 47.11 | 24.40 | 25.70 | 90.30 | 0.0251 | 0.0142 | -0.0001 | 0.0136 | 0.0162 | 0.0386 |

【0087】

【表13】

<実施の形態1>

| | Glass | dPgF | 硝材メーカー |
|-----|---------|--------|--------|
| L4 | PBH72 | 0.022 | OHARA |
| L5 | TIH53 | 0.0181 | OHARA |
| L7 | BAH13 | 0.0005 | OHARA |
| L8 | SF57 | 0.0123 | SCHOTT |
| L9 | LASF36A | 0.0011 | SCHOTT |
| L10 | CAF95 | 0.0385 | SUMITA |

<実施の形態3>

| | Glass | dPgF | 硝材メーカー |
|-----|---------|---------|--------|
| L4 | SF57 | 0.0123 | SCHOTT |
| L5 | SFLD60 | 0.0136 | SUMITA |
| L7 | BAH13 | 0.0005 | OHARA |
| L8 | SFLD60 | 0.0136 | SUMITA |
| L9 | LASFN31 | -0.0084 | SCHOTT |
| L10 | SFPL53 | 0.0463 | OHARA |

【0090】

【表16】

<実施の形態4>

| | Glass | dPgF | 硝材メーカー |
|-----|--------|--------|--------|
| L4 | SF59 | 0.0217 | SCHOTT |
| L5 | FDS90 | 0.0136 | HOYA |
| L7 | CAF95 | 0.0385 | SUMITA |
| L8 | SFLD60 | 0.0136 | SUMITA |
| L9 | STIH23 | 0.0146 | OHARA |
| L10 | SFPL52 | 0.0386 | OHARA |

【0091】

【表17】

【0088】

【表14】

<実施の形態2>

| | Glass | dPgF | 硝材メーカー |
|-----|---------|---------|--------|
| L4 | SF59 | 0.0217 | SCHOTT |
| L5 | FDS90 | 0.0136 | HOYA |
| L7 | BAFN10 | -0.0001 | SCHOTT |
| L8 | SFLD60 | 0.0136 | SUMITA |
| L9 | LASF32 | 0.0055 | SCHOTT |
| L10 | S-FPL52 | 0.0386 | OHARA |

【0089】

【表15】

<実施の形態 5>

| | Glass | dPgF | 硝材メーカ |
|-----|---------|---------|--------|
| L4 | S-NPH1 | 0.0261 | OHARA |
| L5 | FDS30 | 0.0142 | HOYA |
| L7 | BAFN10 | -0.0001 | SCHOTT |
| L8 | SFLD60 | 0.0136 | SUMITA |
| L9 | S-TIH11 | 0.0162 | OHARA |
| L10 | S-FPL52 | 0.0386 | OHARA |

【0092】表において、 f はレンズ全系の焦点距離、 ω は投写半画角（大きな共役側）、 F は基準投写倍率における実効 F 値（小さな共役側）、 β は基準投写倍率を示す。また、 f_1 は第 1 群レンズ G_1 の焦点距離、 f_2 は第 2 群レンズ G_2 の焦点距離、 f_3 は第 3 群レンズ G_3 の焦点距離、 f_4 は非球面第 1 レンズ L_1 の軸上焦点距離、 f_5 は非球面第 1 2 レンズ L_{12} の軸上焦点距離を示す。また、 EXP はレンズ全系における小さな共役側の像面から、該小さな共役側の瞳面までの距離、 BFL はレンズ全系のバックフォーカル長（プリズム PSM 及びカバーガラス CG を除き、大きな共役側を無限遠入射にした場合）を示す。尚、表 1 の各パラメータは、全て波長 564.1 nm における値である。

【0093】また、 ν_4 は第 4 レンズ L_4 を構成する硝材の d 線におけるアッペ数、 ν_5 は第 5 レンズ L_5 を構成する硝材の d 線におけるアッペ数、 ν_7 は第 7 レンズ L_7 を構成する硝材の d 線におけるアッペ数、 ν_8 は第 8 レンズ L_8 を構成する硝材の d 線におけるアッペ数、 ν_9 は第 9 レンズ L_9 を構成する硝材の d 線におけるアッペ数、 ν_{10} は第 10 レンズ L_{10} を構成する硝材の d 線におけるアッペ数を示す。また、 $dPgF_4$ は、第 4 レンズ L_4 を構成する硝材の異常分散性、 $dPgF_5$ は、第 5 レンズ L_5 を構成する硝材の異常分散性、 $dPgF_7$ は、第 7 レンズ L_7 を構成する硝材の異常分散性、 $dPgF_8$ は、第 8 レンズ L_8 を構成する硝材の異常分散性、 $dPgF_9$ は、第 9 レンズ L_9 を構成する硝材の異常分散性、 $dPgF_{10}$ は、第 10 レンズ L_{10} を構成する硝材の異常分散性を示す。

【0094】実施の形態 6

実施の形態 6 は、図 13 に示される投写型表示装置の投写レンズ 7 を、上記実施の形態で説明したレトロフォーカス型レンズ 10 のいずれかに置き換えた構造を持つ。実施の形態 6 の投写型表示装置 300 においては、液晶パネル 5R、5G、5B と投写レンズ 7 との間に厚みの大きなダイクロイックプリズム 6 が配置されている。従って、リアプロジェクタのように広角投写を必要とする投写レンズにおいては、以下の仕様と性能が求められる。

- (1) 広画角投写が可能であること。
- (2) 焦点距離に比べて大きなバックフォーカル長を有すること。

(3) ライトバルブ側のテレセントリック性がよく、プリズム素子内の主光線が光軸に対して平行に近いこと。

(4) 倍率色収差がよく補正されていること。

(5) 歪曲収差が小さいこと。

(6) 広い温度範囲にて所望の結像性能が維持でき、かつ合焦ずれが少ないこと。

(7) 各種収差がバランスよく良好に補正され、高密度・多画素のライトバルブ上の原画像を高解像度で投写できること。

【0095】上記実施の形態に示されたレトロフォーカス型レンズは上記性能 (1) ~ (7) を満足しており、これを図 13 に示される投写型表示装置に搭載することによって、高画質性及びローコスト性を達成でき、しかも広い温度範囲での使用が可能な小型の投写型表示装置を実現できる。

【0096】実施の形態 7

図 14 は、本発明の実施の形態 7 に係る投写型表示装置 301 の光学系を概略的に示す構成図である。図 14 に示されるように、この投写型表示装置 301 は、ランプ 120 及び反射鏡 130 からなり略平行な照明光束 2 を出射する光源 1 と、カラー画像を表示する反射型液晶パネル 50 と、光源 1 からの光束 2 を反射させて反射型液晶パネル 50 に照射すると共に、反射型液晶パネル 50 からの反射光 20 を透過させる偏光ビームスプリッタ 60 と、入射光束 20 をスクリーン 8 上に拡大投写する投写レンズ 7 とを有する。実施の形態 7 においては、投写レンズ 7 を上記いずれかの実施の形態におけるレトロフォーカス型レンズ 10 のいずれかとしている。尚、図において、200 は、筐体を示す。

【0097】反射型液晶パネル 50 上には各画素ごとに反射ミラーが形成され、照射光束断面内の偏光状態、及びスペクトルを変調する。液晶パネル 50 で反射された光束 20 は偏光ビームスプリッタ 60 を透過することで偏光状態の変調が強度変調に変換され、投写レンズ 7 によりスクリーン 8 上に拡大画像が投写される。

【0098】上記実施の形態に示したレトロフォーカス型レンズは上記性能 (1) ~ (7) を満足しており、これを図 14 に示される投写型表示装置に搭載することによって、高画質性及びローコスト性を達成でき、しかも広い温度範囲での使用が可能な小型の投写型表示装置を実現できる。

【0099】実施の形態 8

図 15 は、本発明の実施の形態 8 に係る投写型表示装置の光学系を概略的に示す構成図である。図 15 に示されるように、この投写型表示装置 302 は、ランプ 120 及び反射鏡 130 からなり略平行な照明光束 2 を出射する光源 1 と、コンデンサレンズ 140 と、カラーホイールユニット 110 とを有する。カラーホイールユニット 110 は、R、G、B の原色透過領域が角度分割して配列されたカラーフィルタ 11 と、これを回転駆動させる

モータ12より構成される。また、投写型表示装置302は、ロッドインテグレータ13と、リレーレンズ系14と、略テレセントリックな状態の光を全反射させるTIR（全反射）プリズム600とを有する。TIRプリズム600は、第1のプリズムブロック601と第2のプリズムブロック602とからなり、両ブロック601及び602の斜面を微小エアギャップを介して対向配置させた構造を持つ。

【0100】また、投写型表示装置302は、DMD（digital micromirror device）素子500と、投写レンズ7とを有する。DMD素子500は、MEMS（micro electromechanical system）技術を用いた画像表示素子である。DMD素子500は、微小マイクロミラーアレイを2次元面内に配列した空間変調素子であり、素子面内で各ミラーの傾きがオン・オフの2状態に変調制御される。実施の形態8においては、投写レンズ7を上記いずれかの実施の形態におけるレトロフォーカス型レンズ10としている。尚、図において、200は、筐体を示す。

【0101】第1のプリズムブロック601の斜面に入射した光束はプリズムを構成する硝材とエアギャップAGの屈折率差により全反射され、DMD素子500に入射する。DMD素子500の面内の微小ミラーのオン状態で反射した光束20は、TIRプリズム600の各面を透過し、投写レンズ7により拡大画像がスクリーン8上に形成され、鑑賞者9の鑑賞に供される。

【0102】上記実施の形態に示したレトロフォーカス型レンズは上記性能（1）～（7）を満足しており、これを図15に示される投写型表示装置に搭載することによって、高画質性及びローコスト性を達成でき、しかも広い温度範囲での使用が可能な小型の投写型表示装置を実現できる。

【0103】尚、DMD素子500に代えて、GLV（grating light valve）素子を用いてもよい。公知のように、GLV素子は、個別に位相量が制御可能な可動グレーティング素子をMEMS技術により2次元若しくは1次元のアレイ状に集積配列したものであり、図15のDMD素子500をGLV素子に置き換えることでフルカラー画像が形成可能である。

【0104】また、ライトバルブ素子の種類は上記実施の形態6～8に示されたものに限定されない。

【0105】

【発明の効果】以上説明したように、請求項1のレトロフォーカス型レンズによれば、条件式（1）から（4）までを満足するように構成されているので、長いバックフォーカル長確保と、テレセントリック性を両立させつつ、軸外収差補正を適切に行うことができるという効果がある。また、プラスチック材料からなる第1レンズ及び第12レンズの軸上パワーを小さく制限することにより、レトロフォーカス型レンズの使用温度範囲を広げ、

かつ温度変化に対する焦点ズレ、解像力の劣化を防止できるという効果がある。

【0106】また、請求項2のレトロフォーカス型レンズによれば、条件式（5）を満足するように構成されているので、投写レンズに至るまでの照明系の特性に合わせた、明るさ、結像性能を任意に選択できるとともに、ライトバルブ側の瞳距離を大きくすることで、テレセントリック照明されたライトバルブで変調された光束を、良好な周辺光量比で投写することが可能となる。

【0107】また、請求項3のレトロフォーカス型レンズによれば、条件式（6）を満足するように構成されているので、バックフォーカル長を大きく確保することが可能で、ライトバルブとレトロフォーカス型レンズの間に分厚いプリズム素子、ライトバルブ前面を保護するカバーガラス、及び投写系を実装する上で必要な適切な空気間隔を確保することが可能となる。

【0108】また、請求項4のレトロフォーカス型レンズによれば、条件式（7）から（12）までを満足するように構成されているので、適切に色収差（縦色収差、倍率色収差）を制御し、拡大投写される原色画像の色ずれを抑制するとともに、高解像な投写性能を実現できる。

【0109】また、請求項5のレトロフォーカス型レンズによれば、条件式（13）から（16）までを満足するように構成されているので、短波長の輝線スペクトルを有する光源を用いた投写型表示装置においても、フレア成分の少ない良好な投写画像を提供できる。

【0110】また、請求項6のレトロフォーカス型レンズによれば、条件式（17）及び（18）までを満足するように構成されているので、短波長スペクトルを有する光源を用いた投写型表示装置においても、フレア成分の少ない良好な投写画像を提供できる。

【0111】また、請求項7の投写型表示装置によれば、高画質、ローコスト、広い温度範囲での使用が可能、という優れた特徴を有する小型の投写型表示装置が実現できる。

【0112】また、請求項8の投写型表示装置によれば、液晶ライトバルブを搭載した、高画質、ローコスト、広い温度範囲での使用が可能、という優れた特徴を有する小型の投写型表示装置が実現できる。

【0113】また、請求項9の投写型表示装置によれば、MEMS技術により製造された、微小なミラーアレイの単位ミラーの傾きが制御されるライトバルブ素子（DMD等）を搭載した、高画質、ローコスト、広い温度範囲での使用が可能、という優れた特徴を有する小型の投写型表示装置が実現できる。

【0114】また、請求項10の投写型表示装置によれば、MEMS技術により製造された、微小なグレーティングアレイの単位グレーティングによる変調位相量が制御されるライトバルブ素子（GLV等）を搭載した、高

画質、ローコスト、広い温度範囲での使用が可能、という優れた特徴を有する小型の投写型表示装置が実現できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の実施の形態1から5までに係るレトロフォーカス型レンズを概略的に示す構成図である。

【図2】 実施の形態1に係るレトロフォーカス型レンズに関し、(a)は非点収差、(b)は歪曲収差を示す。

【図3】 実施の形態1に係るレトロフォーカス型レンズに関し、(a)は軸上の横収差図、(b)は最大像高の横収差である。

【図4】 実施の形態2に係るレトロフォーカス型レンズに関し、(a)は非点収差、(b)は歪曲収差を示す。

【図5】 実施の形態2に係るレトロフォーカス型レンズに関し、(a)は軸上の横収差図、(b)は最大像高の横収差である。

【図6】 実施の形態3に係るレトロフォーカス型レンズに関し、(a)は非点収差、(b)は歪曲収差を示す。

【図7】 実施の形態3に係るレトロフォーカス型レンズに関し、(a)は軸上の横収差図、(b)は最大像高の横収差である。

【図8】 実施の形態4に係るレトロフォーカス型レンズに関し、(a)は非点収差、(b)は歪曲収差を示す。

【図9】 実施の形態4に係るレトロフォーカス型レン

ズに関し、(a)は軸上の横収差図、(b)は最大像高の横収差である。

【図10】 実施の形態5に係るレトロフォーカス型レンズに関し、(a)は非点収差、(b)は歪曲収差を示す。

【図11】 実施の形態5に係るレトロフォーカス型レンズに関し、(a)は軸上の横収差図、(b)は最大像高の横収差である。

【図12】 (a)～(b)は、各メーカにおけるアップ線を示す図である。

【図13】 従来例及び本発明の実施の形態6に係る投写型表示装置の光学系を概略的に示す構成図である。

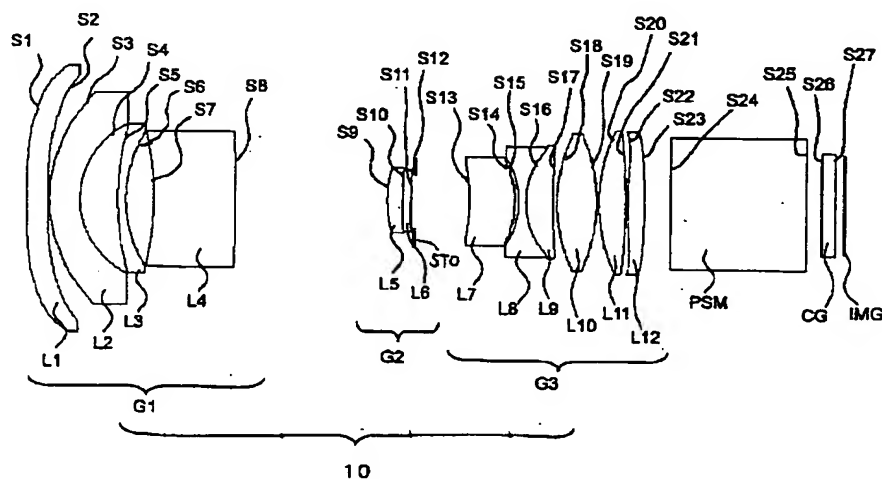
【図14】 本発明の実施の形態7に係る投写型表示装置の光学系を概略的に示す構成図である。

【図15】 本発明の実施の形態8に係る投写型表示装置の光学系を概略的に示す構成図である。

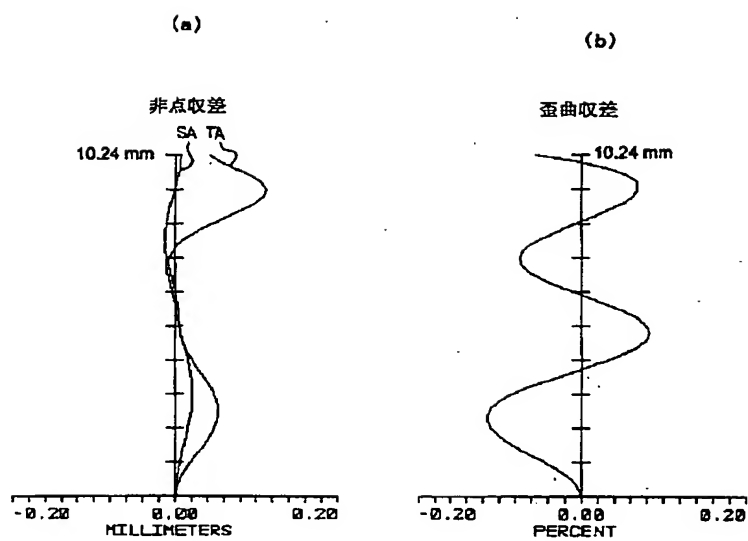
【符号の説明】

G₁ 第1群レンズ、 G₂ 第2群レンズ、 G₃ 第3群レンズ、 L₁ 第1レンズ、 L₂ 第2レンズ、 L₃ 第3レンズ、 L₄ 第4レンズ、 L₅ 第5レンズ、 L₆ 第6レンズ、 L₇ 第7レンズ、 L₈ 第8レンズ、 L₉ 第9レンズ、 L₁₀ 第10レンズ、 L₁₁ 第11レンズ、 L₁₂ 第12レンズ、 S T O 絞り、 1 光源、 7, 10 投写レンズ、 5 R, 5 G, 5 B 透過型液晶パネル、 50 反射型液晶パネル、 300, 301, 302 投写型表示装置、 500 DMD素子。

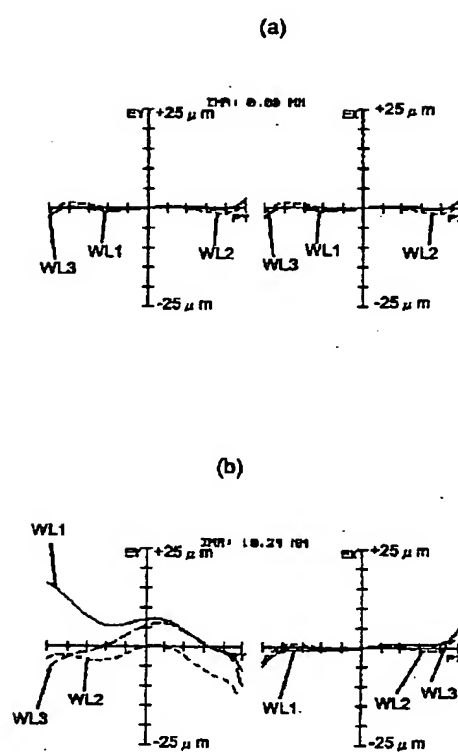
【図1】



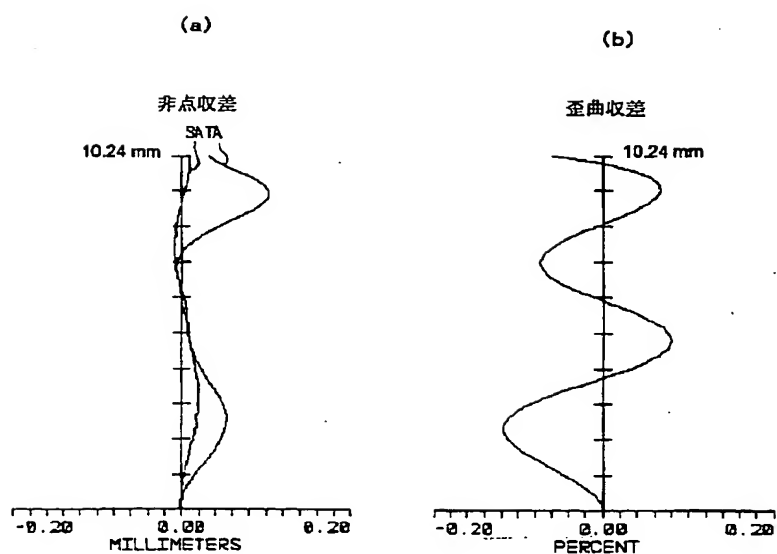
【図 2】



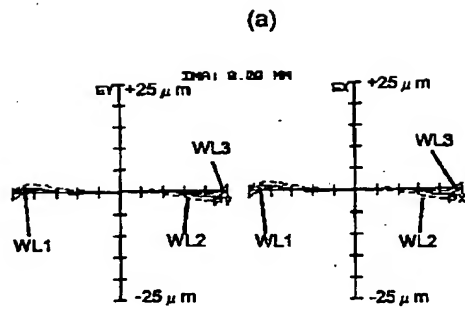
【図 3】



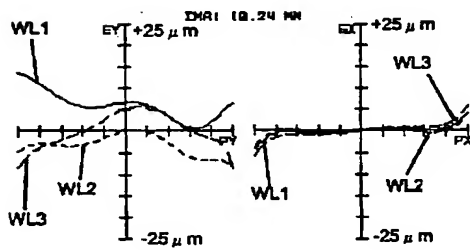
【図 4】



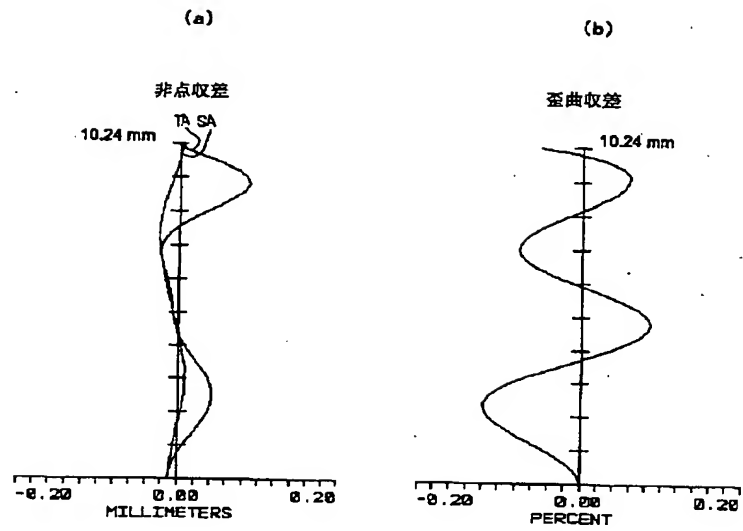
【図5】



(b)

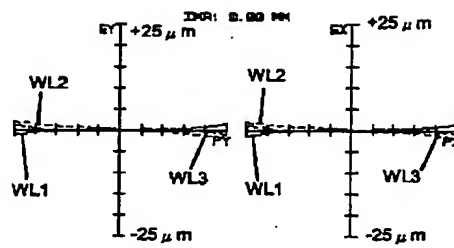


【図6】

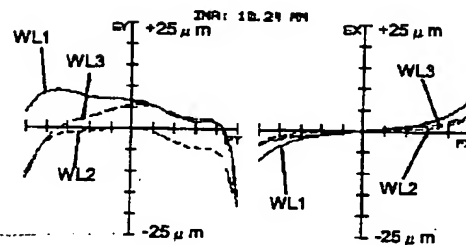


【図7】

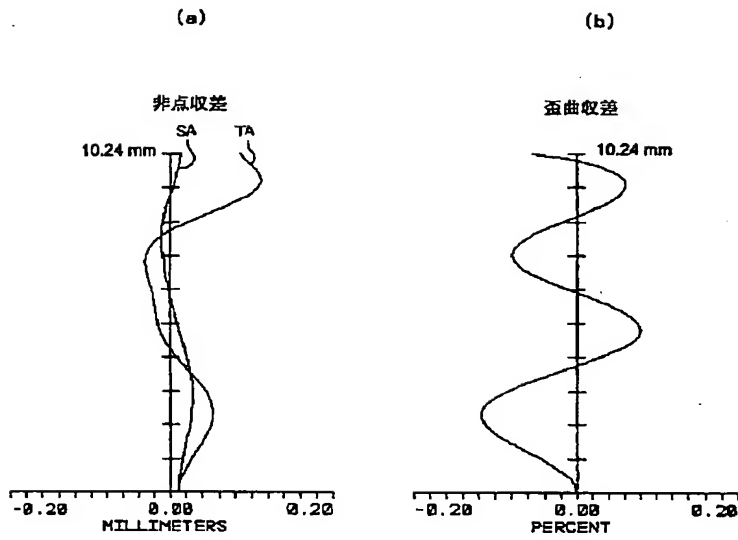
(a)



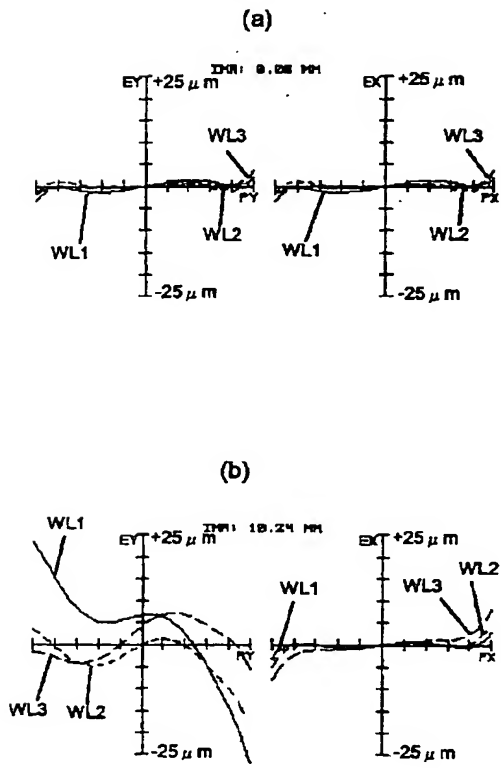
(b)



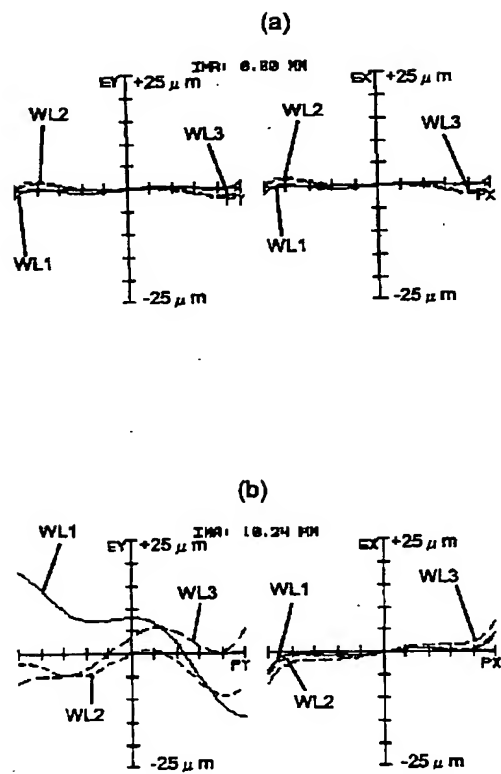
【図 8】



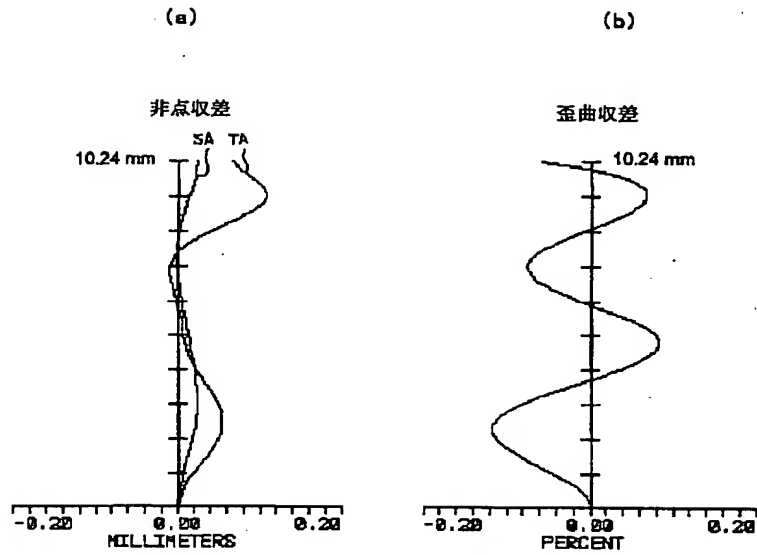
【図 9】



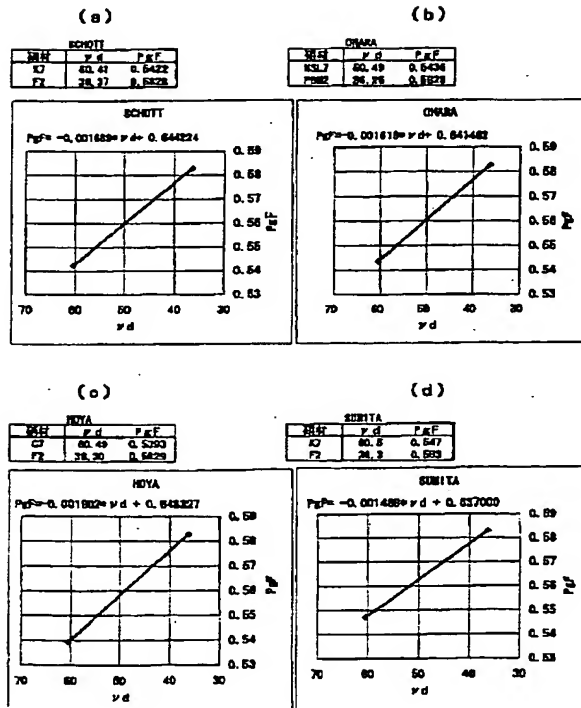
【図 11】



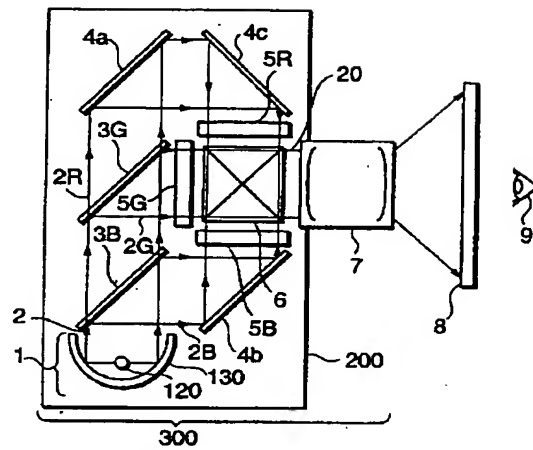
【図 10】



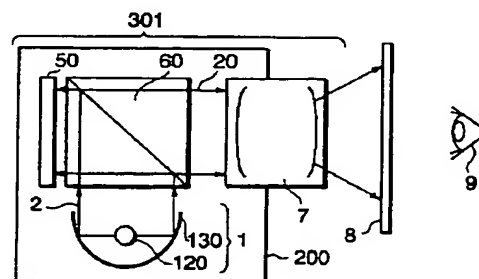
【図 12】



【図 13】



【図 14】



【図15】

